




1. Publicação nº <i>INPE-2810-PRE/368</i>	2. Versão	3. Data <i>Julho, 1983</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DGA</i>	Programa <i>IONOSFERA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>CONTEÚDO ELETRÔNICO TOTAL DA IONOSFERA</i> <i>TEMPESTADES MAGNÉTICAS</i>			
7. C.D.U.: <i>523.4-853(816.12)</i>			
8. Título <i>COMPORTAMENTO DO CONTEÚDO ELETRÔNICO TOTAL DA IONOSFERA EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS DURANTE TEMPESTADES MAGNÉTICAS EM 1980</i>		<i>INPE-2810-PRE/368</i>	10. Páginas: <i>24</i>
			11. Última página: <i>15</i>
9. Autoria <i>Eurico R. de Paula</i> <i>M.A. Abdu</i> <i>I.J. Kantor</i>			12. Revisada por  <i>Y. Nakamura</i>
 Assinatura responsável			13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor
14. Resumo/Notas <p><i>Dados de rotação de Faraday, de 1980, obtidos com um polarímetro em São José dos Campos (23°S, 46°O), foram analisados nos períodos em que ocorreram tempestades magnéticas. Para selecionar as tempestades, foi utilizado o índice magnético Dst. Foi observado que, durante a fase principal de tempestades magnéticas precedidas por um período de alguns dias calmos, ocorreu um acréscimo no Conteúdo Eletrônico Total - CET - (fase positiva) em relação à média dos dias magneticamente calmos. A seguir ocorreu, durante a fase de recuperação da tempestade, um decréscimo em relação à esta média (fase negativa). Tal comportamento do CET, observado em baixa latitude durante tempestades, é típico em latitudes médias. Porém, quando ocorrem tempestades sucessivas, com poucos dias de intervalo entre elas, prevalece a fase positiva. Isto evidencia uma inibição do agente causador da fase negativa. São discutidos neste trabalho as possíveis origens da fase positiva e negativa.</i></p>			
15. Observações <i>Esta trabalho foi parcialmente subvencionado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), através do Contrato FINEP 537/CT.</i> <i>Trabalho apresentado na 35ª Reunião Anual da SBPC.</i>			

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todas as pessoas do INPE que contribuíram direta e indiretamente para a execução deste trabalho.

Expressamos especial gratidão à Lúcia de Almeida Terra, ao Manoel José Pereira Neto e Dimas Aparecido Chagas pelo trabalho de redução de dados de polarímetro.

ABSTRACT

Faraday rotation data from 1980, obtained with a polarimeter at São José dos Campos (23°S, 46°W), were analyzed during periods occurring magnetic storms. In order to select these periods, the magnetic index Dst was used. It was observed that during magnetic storms preceded by a few calm days, an increase in the Total Electron Content (TEC) is observed during the storm main phase, relative to the mean of the magnetic calm days (positive phase). Afterwards, during the storms recovery phase, a decrease was registered relative to the average (negative phase). This TEC behaviour, observed at low latitudes storms, is typical of the behaviour over medium latitudes. But, when several storms occur with few intervening days between them, the positive phase seems to prevail. This indicates an inhibition of the source of the negative phase. This work discusses the possible origins of the positive and negative phases.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>vii</i>
<u>CAPÍTULO 1</u> - INTRODUÇÃO	1
<u>CAPÍTULO 2</u> - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	3
<u>CAPÍTULO 3</u> - DISCUSSÃO	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 19-23 de dezembro de 1980	4
2.2 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 11-14 de junho de 1980	5
2.3 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 25-27 de maio de 1980	8
2.4 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 25-27 de julho de 1980	9
2.5 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 22-27 de outubro de 1980	10

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Dados da rotação Faraday, cujo ângulo é proporcional ao Conteúdo Eletrônico Total da ionosfera (CET), obtidos com um polarímetro eletrônico VHF localizado em São José dos Campos (23°S, 46°O), em 1980, foram analisados nos períodos em que ocorreram tempestades magnéticas. Para selecionar as tempestades foi utilizado o Índice magnético Dst. As tempestades magnéticas foram classificadas em severa quando o Dst atingiu valores maiores (em módulo) que -200γ , moderada quando o Dst foi maior que -50γ e menor que -200γ , e fraca quando o Dst foi menor que -50γ . Em geral as tempestades magnéticas apresentam: 1) uma fase inicial, caracterizada por um aumento súbito em Dst (SC), que perdura de alguns minutos a várias horas; 2) uma fase principal em que o Dst apresenta uma queda brusca, podendo atingir várias centenas de gamas e tem a duração de algumas horas; e 3) uma fase de recuperação em que o Dst readquire gradualmente seu valor pré-tempestade, podendo durar vários dias.

Os efeitos de 5 tempestades magnéticas no CET de São José dos Campos foram estudados. Duas tempestades, a de 25-27 de julho e a de 19-23 de dezembro, apresentaram um início súbito (SC) no Índice magnético Dst.

O comportamento do CET durante tempestades já foi extensivamente estudado em latitudes médias e no Hemisfério Norte, onde existe uma grande rede de polarímetros em funcionamento.

Este trabalho analisa dados em baixa latitude; porém, devido ao pequeno número de tempestades analisadas e à ausência de dados de polarímetro em latitude iguais ou próximas à de São José dos Campos, limitar-se-á apenas a descrever algumas características do comportamento do CET durante tais tempestades e a discutir, de maneira sucinta, as possíveis origens da fase positiva e negativa apresentada pelo CET.

CAPÍTULO 2

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Para representar o comportamento do CET em períodos magneticamente calmos, foram calculadas suas médias mensais a cada 15min para os dias em que não houve tempestades. Estes valores médios foram desenhados juntamente com o CET para cada dia magneticamente perturbado, o que possibilitou a visualização das variações do CET durante tempestades magnéticas.

Na Figura 2.1 estão representados a média mensal do CET (linha contínua), o CET dos dias magneticamente perturbados 19 - 23 de dezembro (verão) de 1980 (linha tracejada) e o Índice Dst (parte superior da figura), em função da hora local. Esta tempestade foi severa, com o Dst atingindo -249γ . Um início súbito da tempestade (SC) ocorreu às 02:00h do dia 19 de dezembro. Esta tempestade foi precedida por vários dias magneticamente calmos. Observa-se que o CET apresentou acréscimos com relação à média (fase positiva) nos dias 19 e 20, e decréscimos com relação à média (fase negativa) nos dias 22 e 23. Não houve dados no dia 21. Nota-se, mesmo nos dias 22 e 23, um acréscimo acentuado no CET em torno das 15:00h, bem como um acréscimo tanto na média quanto no valor do CET, a partir de 21:00h, estendendo-se até aproximadamente o nascer do sol do próximo dia, para todos os dias analisados.

Na Figura 2.2 estão representados a média mensal do CET (linha contínua), o CET dos dias magneticamente perturbados 11-14 de junho (inverno) de 1980 (linha tracejada) e o Índice Dst (parte superior da figura), em função da hora local. Esta tempestade foi de intensidade moderada, pois o Dst atingiu -68γ . Observa-se uma fase positiva de, aproximadamente, 08:00 às 21:00h no dia 11 de junho. Não existem dados de, aproximadamente, 21:00h do dia 11 até 11:00h do dia 12. No dia 12 observa-se uma fase negativa de 11:00h às 16:00h. Observa-se nos dias 12, 13 e 14 um pico acentuado no CET em torno das 15:00h.

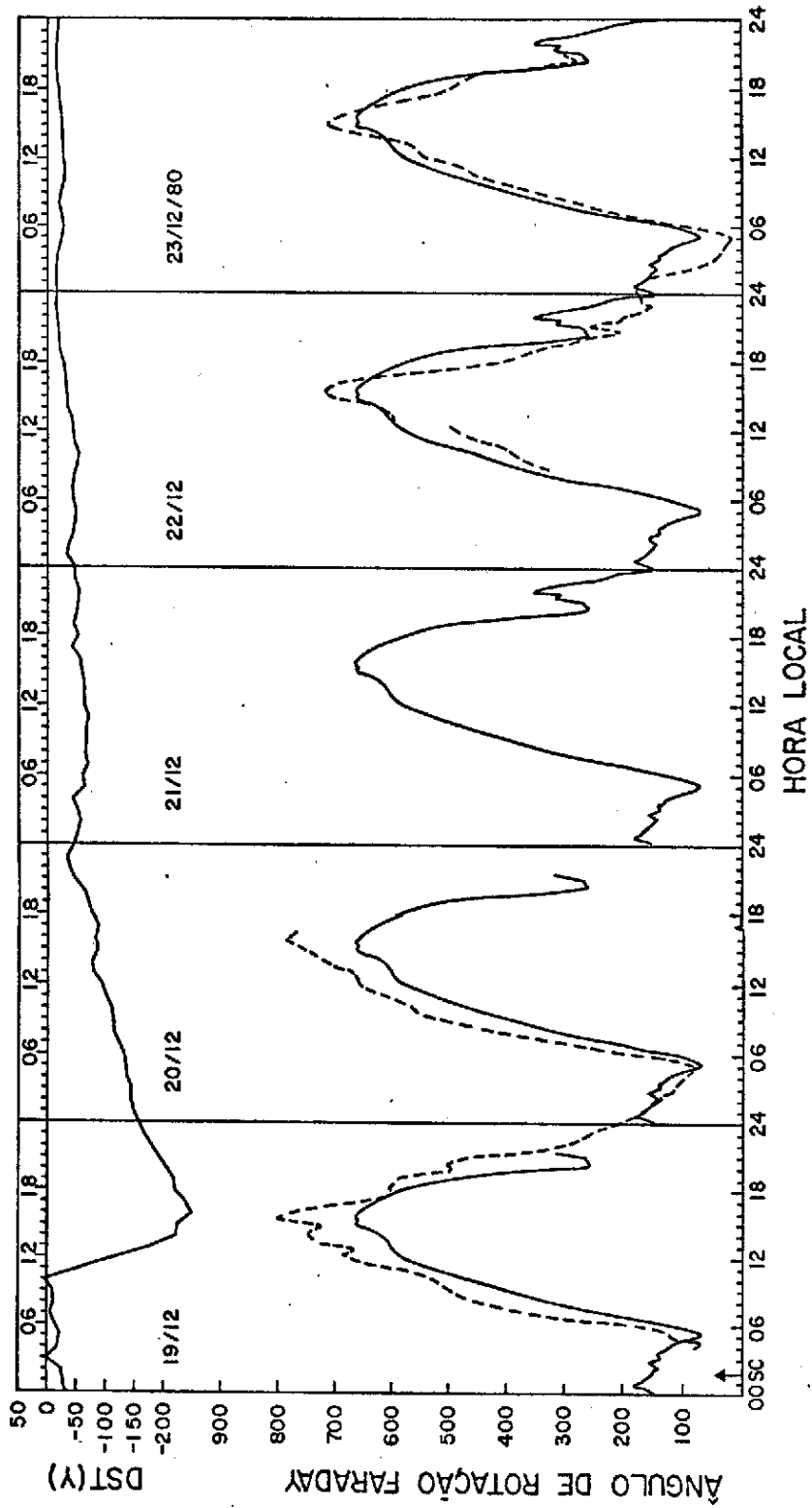


Fig. 2.1 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 19-23 de dezembro de 1980.

Média mensal do CET (linha contínua), CET dos dias magnéticamente perturbados 19-23 de dezembro de 1980 (linha tracejada) e índice magnético Dst (parte superior da figura), em função da hora local.

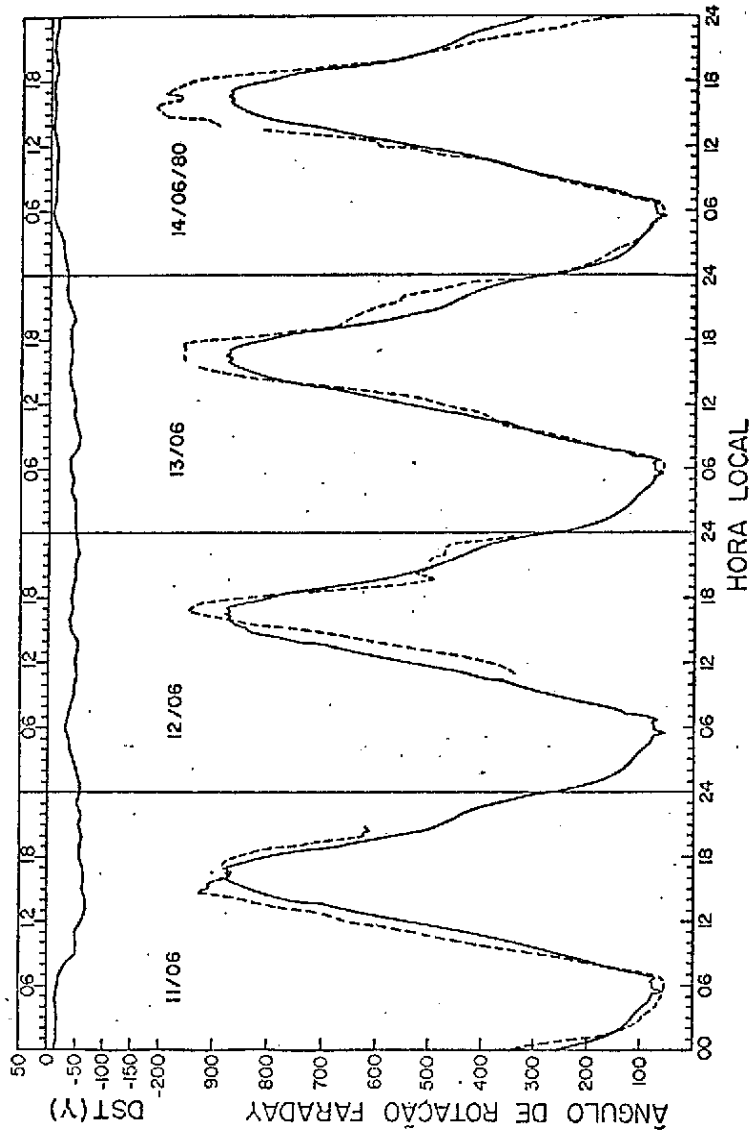


Fig. 2.2 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 11-14 de junho de 1980. Média mensal do CET (linha contínua), CET dos dias magneticamente perturbados 11-14 de junho de 1980 (linha tracejada) e Índice magnético Dst (parte superior da figura), em função da hora local.

Na Figura 2.3 estão representados a média mensal do CET (linha contínua), o CET dos dias magneticamente perturbados 25 - 27 de maio (inverno) de 1980 (linha tracejada) e o Índice Dst (parte superior da Figura), em função da hora local. Esta tempestade foi de intensidade moderada com o Dst atingindo -119γ . De maneira semelhante à Figura 2.1, esta tempestade magnética teve suas fases bem definidas e foi precedida por vários dias magneticamente calmos. Devido à ausência de dados no dia 25, não foi possível detectar se houve ou não o desenvolvimento de uma fase positiva, porém observa-se nos dias 26 e 27/05 uma fase negativa, a qual foi mais acentuada dia 27/05. Observa-se um acréscimo na média e nos valores do CET para estes três dias analisados, que se inicia em torno das 21:00h e apresenta um pico entre 22:00 e 23:00h.

Na Figura 2.4 estão representados a média mensal do CET (linha contínua), o CET dos dias magneticamente perturbados 25-27 de julho (inverno) de 1980 (linha tracejada) e o Índice Dst (parte superior da figura), em função da hora local. A tempestade magnética foi moderada com o Dst atingindo -79γ . Houve ocorrência de um início súbito (SC) no dia 25 às 08:10h. Observa-se que ocorreram apenas fases positivas nestes três dias. Isto provavelmente deve-se a ocorrência de aumentos no Dst, que ocorreram no dia 26 e inibiram o desenvolvimento de uma fase negativa. Nota-se um acréscimo no CET para estes três dias analisados, iniciando em torno das 21:00h e apresentando um pico entre 22:00 e 23:00h; entretanto, não ocorreu um pico nestas horas para o CET médio.

Na Figura 2.5 estão representados a média mensal do CET (linha contínua), o CET dos dias magneticamente perturbados 22 - 27 de outubro (equinócio) de 1980 (linha tracejada) e o Índice Dst (parte superior da figura), em função da hora local. A tempestade foi moderada, sendo que o Dst atingiu -96γ e a fase de recuperação foi bem lenta. Observa-se uma predominância da fase negativa nos dias 22-24 e uma fase positiva mais proeminente em torno das 15:00h nos dias 25 e 27. Houve falta de dados no dia 26. Esta predominância da fase negativa duran

te a fase principal da tempestade deve-se provavelmente ao fato de que esta tempestade ocorreu durante a fase de recuperação de uma tempestade magnética que se iniciou dia 18. Observa-se um pico bem acentuado no CET nos dias 23 e 24, aproximadamente à 01:00h.

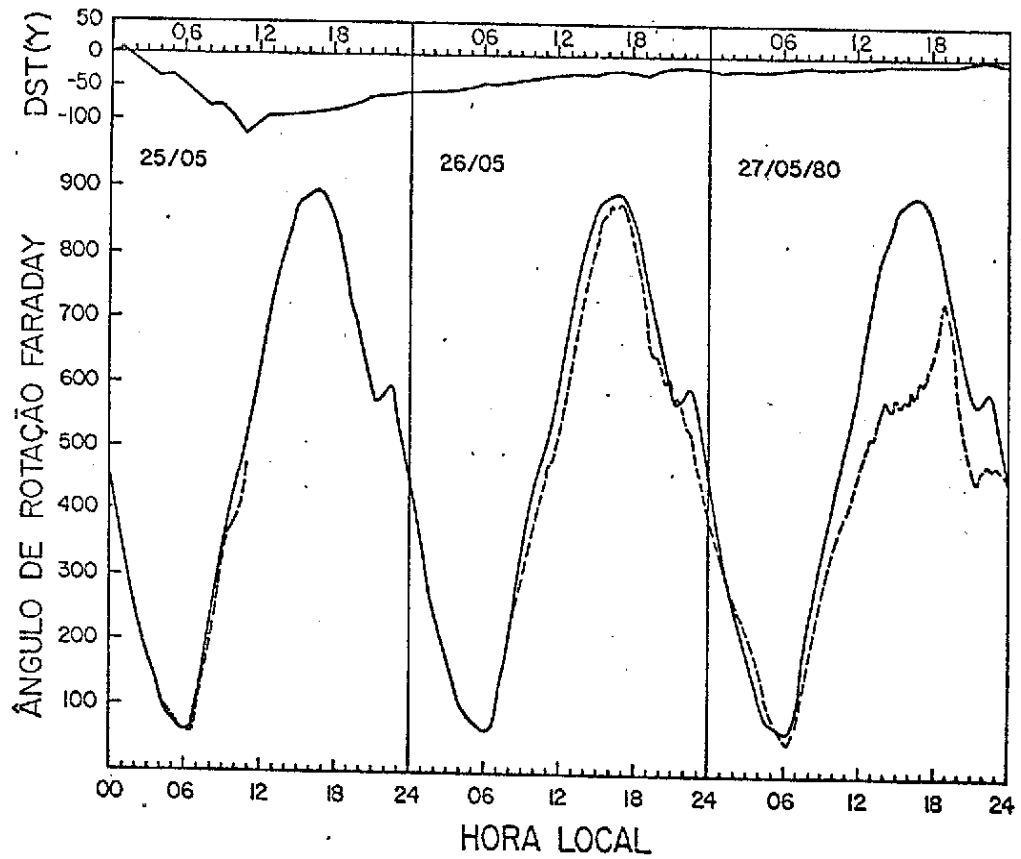


Fig. 2.3 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 25-27 de maio de 1980.

Média mensal do CET (linha contínua), CET dos dias magneticamente perturbados 25-27 de maio de 1980 (linha tracejada) e índice magnético Dst (parte superior da figura), em função da hora local.

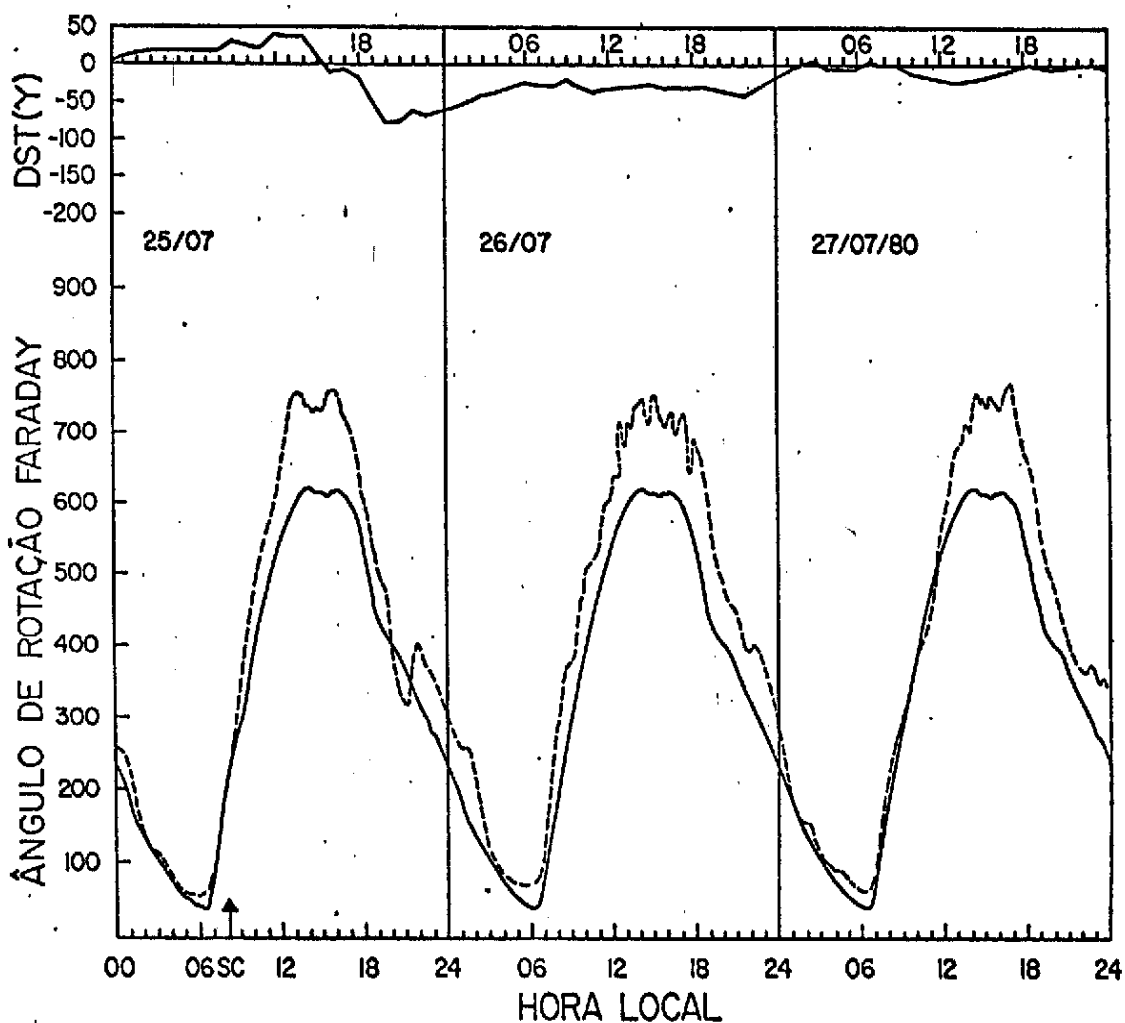


Fig. 2.4 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 25-27 de julho de 1980.

Média mensal do CET (linha contínua), CET dos dias magneticamente perturbados 25-27 de julho de 1980 (linha tracejada) e índice magnético Dst (parte superior da figura), em função da hora local.

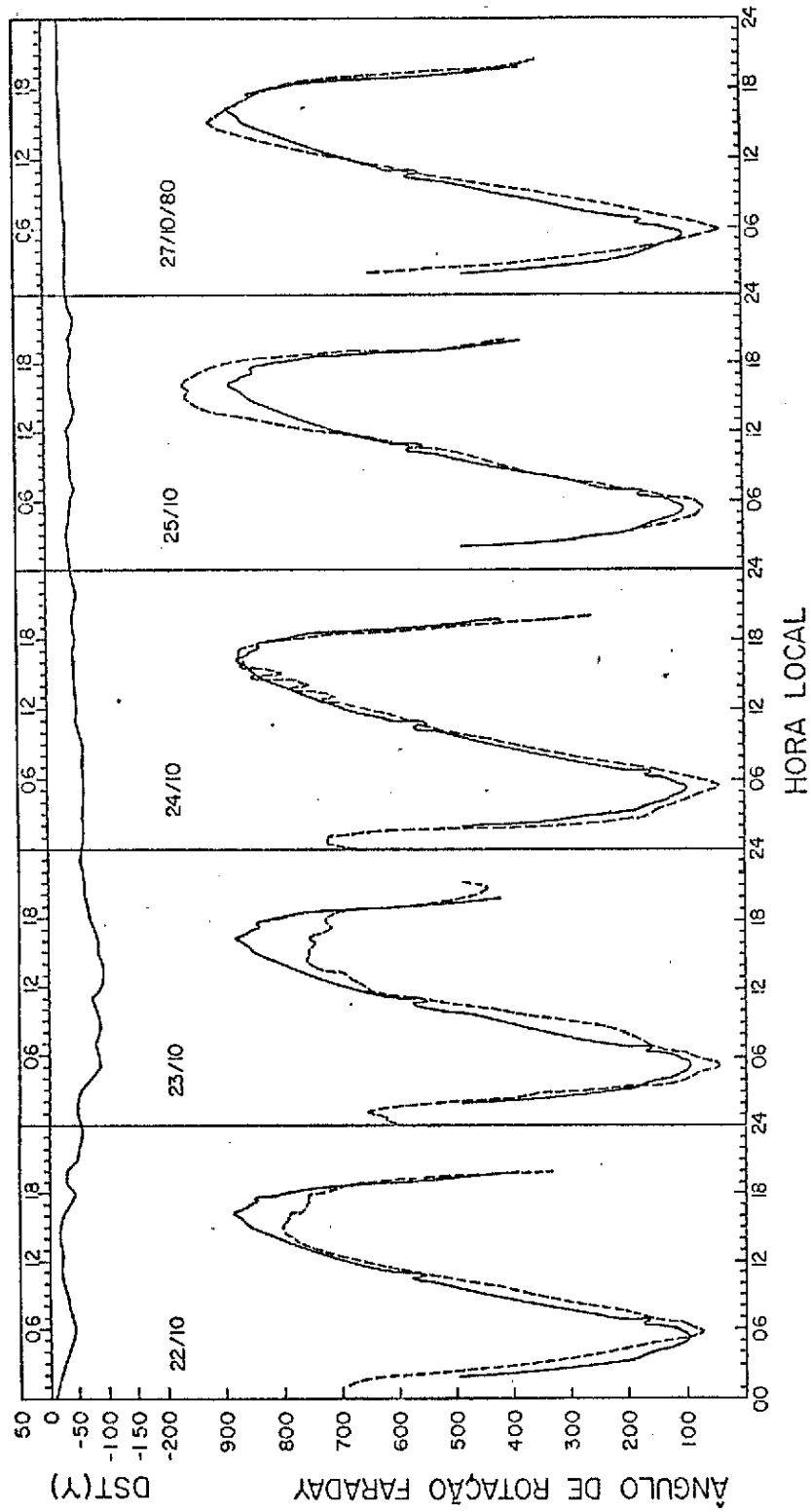


Fig. 2.5 - Índice magnético Dst e comportamento do CET durante a tempestade magnética de 22-27 de outubro de 1980.

Média mensal do CET (linha contínua), CET dos dias magneticamente perturbados 22-27 de outubro de 1980 (linha tracejada) e índice magnético Dst (parte superior da figura), em função da hora local.

CAPÍTULO 3

DISCUSSÃO

Em latitudes médias o efeito das tempestades magnéticas no CET já foi extensivamente analisado e, apesar do comportamento do CET variar grandemente de uma tempestade magnética para outra, duas características são razoavelmente comuns: 1) um acréscimo no CET (fase positiva) no primeiro dia, seguido por 2) um decréscimo no CET (fase negativa) no segundo e, possivelmente, nos dias subsequentes (Davies and Rüster, 1976). Também em latitudes médias o CET exhibe geralmente uma fase positiva ao entardecer local, seguida por uma fase negativa, em tempestades magnéticas que apresentam um início súbito (SC) durante as horas do dia, de acordo com Mendillo (1973), Mendillo and Klobuchar (1975), Mendillo et alii (1975) and Lanzerotti et alii (1975). Quando o início súbito ocorre após o pôr do sol, apenas uma fase negativa é observada, ou a fase positiva é retardada e vista no próximo dia à tarde.

Acredita-se que a fase positiva na ionização ionosférica é devida a uma vento termosférico que sopra dos pólos em direção ao equador durante tempestades magnéticas. Este vento termosférico eleva a camada F para regiões onde a taxa de perda eletrônica é menor e, portanto, há um acréscimo na ionização (Jones and Rishbeth, 1971). A fase negativa é provavelmente causada por mudanças na composição termosférica (Prölss, 1980) devido a uma circulação termosférica global durante tempestades magnéticas, a qual causa um decréscimo na razão $|O|/|N_2|$. Este decréscimo em $|O|/|N_2|$ ocasiona um acréscimo na taxa de perda eletrônica, dando origem à fase negativa.

Pelos dados, observa-se a presença de ondas de gravidade, as quais se manifestam como ondulações no CET, principalmente em torno das 15:00h e para quase todos os dias magneticamente perturbados. Como uma ondulação de menor amplitude ocorreu também no CET médio de quase todos os meses analisados, é necessário que se faça um estudo minucioso

so, analisando o CET dia a dia, mesmo nos dias magneticamente calmos, para verificar se tais ondas de gravidade surgem também nestes dias. Porém, tal estudo foge do escopo deste trabalho.

Dos resultados apresentados pode-se observar que as tempestades magnéticas isoladas, com fases que se apresentam bem definidas, dão origem no CET também a fases bem definidas, a saber, uma fase positiva seguida de uma negativa. Também a intensidade da tempestade, sendo maior que aproximadamente -100γ contribue para a definição das fases citadas acima, como foi o caso das tempestades que ocorreram em dezembro e maio. Quando há ocorrência de tempestades sucessivas, com poucos dias de intervalo entre elas, o efeito de uma tempestade pode alterar substancialmente o comportamento de outra, impedindo que um padrão de comportamento bem definido seja estabelecido. É por exemplo o caso que ocorreu em outubro, quando a fase positiva, que provavelmente surgiria durante a fase inicial e principal da tempestade, ficou inibida. Também o aparecimento da fase negativa pode ficar inibido ou retardado quando, durante a fase de recuperação da tempestade, ocorreu novos aumentos acentuados no Dst, como se pode observar nos dias 26 e 27 de julho e no dia 20 de dezembro, dias estes em que a fase negativa seria esperada. O início súbito nas tempestades de dezembro e julho analisadas ocorreu cerca de 02:00h e 08:00h, respectivamente, e a fase positiva iniciou-se logo a seguir, ou seja, nas primeiras horas dos dias 19 de dezembro e 25 de julho.

O pico no CET que aparece nos dias perturbados, bem como nos dias calmos (CET médio) à 01:00h em outubro e entre 22:00h e 23:00h nos outros meses, parece ser um fenômeno da dinâmica local da ionosfera, o qual pode estar relacionado com o mecanismo de formação do espaço camada F.

Como o efeito das tempestades magnéticas no CET foi analisado para um número bem reduzido de tempestades, é necessário analisá-lo em um maior número de tempestades magnéticas para propor a explicação física dos fenômenos observados neste trabalho. Encontra-se em

andamento a redução de dados do CET para o ano de 1981, para São José dos Campos, o que possibilitará a análise do comportamento do CET durante um maior número de tempestades magnéticas.

• •

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DAVIES, K.; RÜSTER, R. Theoretical studies of storm effects in ionospheric total electron content. *Planetary and Space Science*, 24:867-872, 1976.
- JONES, K.L.; RISHBETH, H. The origin of the storm increase of mid-latitude F-layer concentration. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 33:391-401, Mar. 1971.
- LANZEROTTI, L.J.; COGGER, L.L.; MENDILLO, M. Latitude dependence of ionospheric total electron content: Observations during sudden commencement storms. *Journal of Geophysical Research*, 80(10):1287-1306, Apr. 1975.
- MENDILLO, M. A study of relationship between geomagnetic storms and ionospheric disturbances at mid-latitudes. *Planetary and Space Science*, 21(3):349-358, 1973.
- MENDILLO, M.; KLOBUCHAR, J.A. Investigations of the ionospheric F region using multistation total electron content observations. *Journal of Geophysical Research*, 80(4):643-650, Feb. 1975.
- MENDILLO, M.; HAWKINS, G.S.; KLOBUCHAR, J.A. A sudden vanishing of the ionospheric F region due to the launch of Skylab. *Journal of Geophysical Research*, 80(16):2217-2228, Jun. 1975.
- PRÖLSS, G.W. Magnetic storm associated perturbations of the upper atmosphere: recent results obtained by satellite-borne gas analysers. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, 18(1):183-202, Feb. 1980.